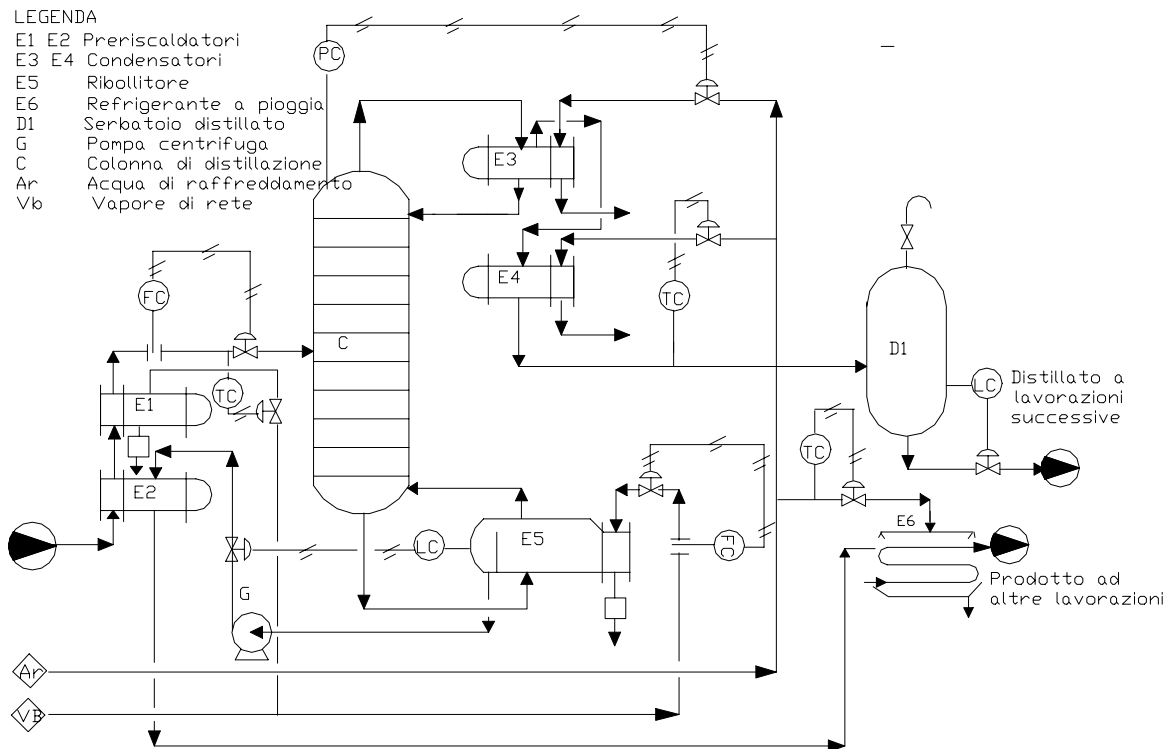


QUESITO N° 1



QUESITO N° 2

a) Portata oraria del vapore (V): è data dal rapporto tra la potenza termica richiesta e il calore ceduto dall'unità di massa del vapore, rapportato all'ora.

$$V = \frac{Wt}{\Delta H} \cdot 3600s/h = \frac{12kW}{2200kJ/kg} \cdot 3600s/h = 19,6kg/h$$

b) Area di scambio. Tenendo conto che lo scambio avviene tra le temperature costanti del reattore a 90° e del vapore a 120°, l'area di scambio si ricava dall'equazione di trasporto del calore:

$$Wt = A \cdot Ut \cdot \Delta T, \text{ con } \Delta T = T_v - T_r = 120 - 90 = 30^\circ C$$

da cui

$$A = \frac{Wt}{Ut \cdot \Delta T} = \frac{12kW}{0,5 \frac{kW}{m^2 \cdot ^\circ C} \cdot 30^\circ C} = 0,8m^2$$

c) Lunghezza del serpentino a semitubo. L'area di scambio può essere assunta pari al piano diametrale del semitubo che avvolge il reattore, quindi:

$$A = d \cdot L$$

da cui

$$L = \frac{A}{d} = \frac{0,8m^2}{0,040m} = 20m$$

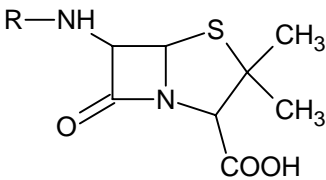
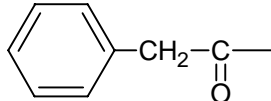
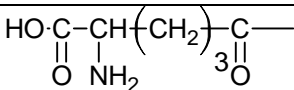
d) Il numero di spire è dato dal rapporto tra la lunghezza del serpentino e la circonferenza esterna del reattore:

$$Ns = \frac{L}{\pi \cdot D} = \frac{20m}{3,14 \cdot 1,5m} = 4$$

QUESITO N. 3

La produzione di penicillina G riveste particolare importanza non solo per la sua attività farmacologica ma anche perché ormai è diventata un'importante materia prima per la produzione di diversi tipi di penicilline e cefalosporine semisintetiche che permettono di superare il continuo insorgere della resistenza nei ceppi batterici responsabili delle patologie che si vogliono combattere.

Le penicilline naturali sono prodotte da diverse specie fungine, soprattutto del genere *Penicillium* e *Aspergillus*, e differiscono tra loro per la struttura della catena laterale (v. tab.). Per la penicillina G sono stati selezionati da tempo ceppi di *Penicillium Chrysogenum* con cui si riescono ad ottenere concentrazioni di alcune decine di grammi per litro.

Penicillina generica	Gruppo R	Penicillina
		Penicillina G
		Isopenicillina N

Aspetti biochimici

La penicillina è un metabolita secondario, la cui formazione non è collegata direttamente alla crescita del fungo. Comincia a formarsi alla fine della fase di crescita illimitata (log fase) e prosegue in quella stazionaria (idiofase). Ne derivano esigenze colturali diverse per la fase iniziale, in cui si deve favorire la crescita del fungo, e per quella finale in cui si vuole massimizzare la produzione dello specifico antibiotico.

Tipicamente, la base per il terreno di coltura è costituita dalle acque di macerazione del mais (*corn steep liquor*), ricco di aminoacidi, sali minerali, vitamine e con un buon contenuto di zuccheri. Altri componenti importanti sono olio o farina di soia e di pesce, lattosio, glucosio, amidi e acido fenilacetico, il precursore della catena laterale.

La formazione della penicillina è inibita dalla presenza di glucosio (repressione da catabolita) e in pratica non ha luogo finché c'è un eccesso di fonti di carbonio. Quindi il dosaggio iniziale del glucosio è fatto in modo da assicurare la crescita voluta. Nella fase di produzione dell'antibiotico è comunque necessario assicurare una fonte di carbonio. Un tempo si utilizzava il lattosio (disaccaride galattosio-glucosio), aggiunto fin dall'inizio, dato che anche per questa sostanza vale la repressione catabolica, per cui nel brodo si idrolizza molto lentamente. Attualmente, grazie anche al miglioramento dei sistemi di controllo, si preferiscono piccole aggiunte (*fed batch*), perfettamente dosate, del più economico glucosio.

La biosintesi della penicillina comincia dall'acido α -L-amminoadipico, che ritroviamo nella catena laterale dell'isopenicillina N. Questo composto è anche un intermedio della biosintesi della lisina, la cui formazione è regolata da un controllo enzimatico in retroazione (*feed back*), cioè la presenza del prodotto, la lisina, inibisce la via biosintetica. Quindi si deve evitare la presenza di lisina nel brodo di coltura.

L'acido α -L-amminoadipico forma prima un dipeptide con la L-cisteina e, poi, con la L-valina un tripeptide che ciclizza a dare la isopenicillina N. Segue la transacilazione per la presenza nel brodo di coltura dell'acido fenilacetico e si arriva alla Penicillina G.

La produzione della penicillina non continua a tempo indeterminato. Anche la sua biosintesi è regolata in retroazione: man mano che si accumula nel brodo aumenta l'inibizione alla sua sintesi. In pratica la fase produttiva dura alcuni giorni.

Aspetti impiantistici

Lo schema a blocchi del processo produttivo è riportato nella figura accanto.

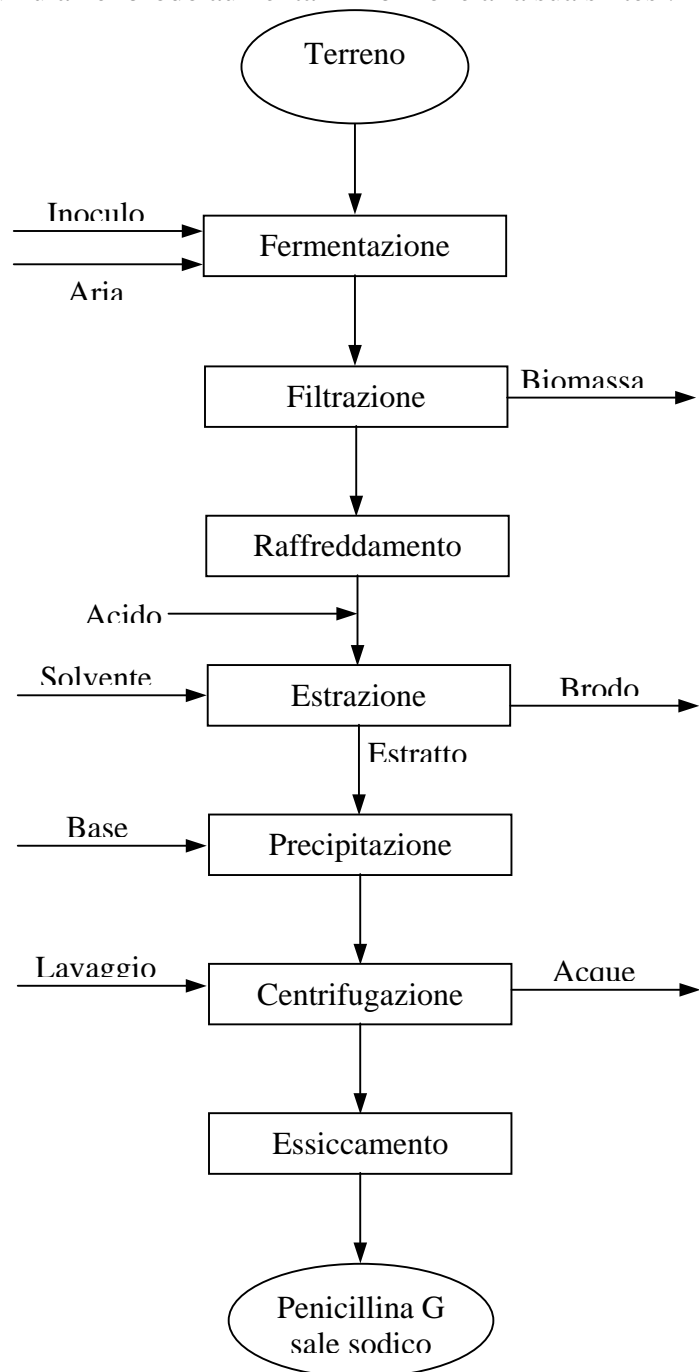
Dopo la fermentazione si separa la biomassa e inizia il recupero della penicillina che deve tener conto delle caratteristiche della sostanza (è un acido carbossilico di media forza). Per poterla estrarre dalla fase acquosa, si acidifica per spostare l'equilibrio verso la forma indissociata, ma si deve raffreddare a bassa temperatura perché la penicillina non è stabile in ambiente acido. Per lo stesso motivo si usano degli estrattori centrifughi ad alta efficienza per minimizzare la permanenza a basso pH. Dopo l'estrazione si tratta con una base acquosa e, aggiustando il pH, si fa precipitare. Segue la separazione ed il lavaggio del precipitato cristallino che poi viene essiccato.

Smaltimento sottoprodotti

Il tema parla di sottoprodotti, non di reflui, quindi, in questo caso, ci si può limitare al trattamento della biomassa, escludendo il trattamento delle acque reflue.

La biomassa, in questo caso il micelio fungino, è il principale sottoprodotto di molti processi di fermentazione, anzi, in alcuni processi è il prodotto principale. Per sua stessa natura, ha un buon contenuto di sostanze bioattive, quali proteine, vitamine, ormoni, rendendolo, p.e., un integratore di valore per l'alimentazione animale.

In questo caso, la presenza di penicillina nel micelio, ne rende impossibile l'utilizzo e



Schema a blocchi per la produzione di penicillina

difficile lo smaltimento.

I trattamenti biologici tradizionali non sono applicabili per l'attività antibiotica propria della penicillina.

Possibili trattamenti possono essere di tipo chimico-fisico o biologico. I trattamenti chimico-fisici prevedono l'acidificazione seguita dall'essiccamento ad alta temperatura per provocare la decomposizione della penicillina; comportano però un certo dispendio energetico. I trattamenti biologici, più recenti, utilizzano ceppi di microrganismi resistenti all'antibiotico, p.e. di lattobacilli. La resistenza insorge quando il microrganismo acquista la capacità di sintetizzare la β -lattamasi, un enzima in grado di idrolizzare l'anello β -lattamico nella molecola della penicillina. Si opera in anaerobiosi, aggiungendo il micelio di carboidrati come fonte di carbonio. Avviene una fermentazione lattica e si ottiene un prodotto privo di penicillina, non maleodorante ed idoneo sia ad essere utilizzato come integratore o fertilizzante, sia ad essere smaltito con i metodi tradizionali.

QUESITO 4

L'uso del petrolio come fonte energetica pone delle problematiche ambientali a due livelli. Il primo è l'immissione di anidride carbonica in quantità massicce nell'ambiente che, per effetto serra, potrebbe provocare il riscaldamento del pianeta con inevitabili ripercussioni sul clima a livelli globali. Il secondo è l'immissione a livello locale dei tipici inquinanti delle combustioni, come ossidi d'azoto, biossido di zolfo, particolato.

L'industria chimica può dare valide risposte alle due problematiche. Nel primo caso la risposta è data dall'uso di combustibili derivate dalle biomasse. In tal modo l'immissione di CO_2 non contribuisce ad incrementare l'effetto serra, in quanto deriva da composti a loro volta ottenuti per fotosintesi, cioè per organicazione della CO_2 atmosferica. La produzione di biocarburanti può seguire diversi processi. Il bioetanolo può essere prodotto per fermentazione di sostanze ricche di carboidrati. I mono e i disaccaridi possono essere fermentati direttamente. I polisaccaridi, come amidi e cellulosa devono essere idrolizzati preventivamente. Per gli amidi si ricorre agevolmente all'idrolisi enzimatica. Per la cellulosa si ricorre generalmente all'idrolisi chimica che pone problemi di reflui. Il bioetanolo si può aggiungere tal quale alle benzine per motori a ciclo otto o, si può trasformare, per reazione con isobutene in etil terz-butil etere (ETBE). Dai grassi, per transesterificazione con metanolo o etanolo si ottiene il biodiesel. Tutte le biomasse sono in una qualche misura gasificabili per digestione anaerobica o con processi simili a quelli di gasificazione di materiali carboniosi, permettendo così di ottenere un vasta tipologia di carburanti.

Il secondo problema si affronta producendo carburanti e combustibili puliti, principalmente l'idrogeno, che non è disponibile libero in natura ma si può ottenere facilmente da sostanze contenenti carbonio e idrogeno e che costituisce il combustibile pulito per eccellenza.
